

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



PCT

(43) Fecha de publicación internacional
8 de Marzo de 2007 (08.03.2007)

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2007/026039 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
C22C 9/00 (2006.01) *B22F 7/00* (2006.01)
C22C 1/02 (2006.01) *B22D 19/14* (2006.01)
C22C 1/04 (2006.01)

(74) Mandatario: UNGRIA LÓPEZ, Javier; Avda. Ramón y Cajal, 78, E-28043 Madrid (ES).

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2006/000493

(81) Estados designados (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Fecha de presentación internacional:
30 de Agosto de 2006 (30.08.2006)

(84) Estados designados (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

Publicada:

- con informe de búsqueda internacional
- antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones

Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.

(54) Title: METAL MATRIX MATERIAL BASED ON SHAPE-MEMORY ALLOY POWDERS, PRODUCTION METHOD THEREOF AND USE OF SAME

(54) Título: UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ METALICA BASADO EN POLVOS DE ALEACION CON MEMORIA DE FORMA/ SU PROCEDIMIENTO DE OBTENCION Y USO

(57) Abstract: The invention relates to a metal matrix material based on shape-memory alloy powders, to the production method thereof and to the use of same. More specifically, the invention relates to a metal matrix material which is characterised in that it is based on particles of shape-memory alloy powder, having a base of copper at a concentration of between 45 vol.- % and 70 vol.- % in relation to the total volume of the material, said powder particles being supported by a metal matrix. The invention also relates to a method of producing the aforementioned material and to the use of same for absorbing vibrations, particularly acoustic and mechanical vibrations.

(57) Resumen: Un material compuesto de matriz metálica basado en polvos de aleación con memoria de forma, su procedimiento de obtención y uso. La presente invención se refiere a un material compuesto de matriz metálica caracterizado porque está basado en partículas de polvo de aleación con memoria de forma, de base cobre con una concentración entre el 45% y el 70% en volumen respecto al volumen total del material, estando soportadas dichas partículas de polvo por una matriz metálica, al procedimiento de obtención de dicho material y al uso del mismo para la absorción de vibraciones, en particular vibraciones acústicas y mecánicas.

WO 2007/026039 A1

Un material compuesto de matriz metálica basado en polvos de aleación con memoria de forma, su procedimiento de obtención y uso

5 **Campo de la invención**

La invención corresponde al área de Ciencia y Tecnología de Materiales, en lo que respecta al diseño y elaboración de los materiales, así como al área de Tecnología Física en lo que concierne a las propiedades 10 de alto amortiguamiento.

Los sectores de actividad industrial en que se puede aplicar la invención son: electrodomésticos y domótica, máquina-herramienta y maquinaria en general, empacado electrónico, transporte incluyendo aeronáutica, 15 aeroespacial, construcción.

Estado de la técnica

Tradicionalmente, los materiales que presentan más alto coeficiente de amortiguamiento, son los materiales 20 poliméricos, debido a su comportamiento viscoelástico. Sin embargo, los polímeros tienen en general un bajo módulo elástico y esto es un inconveniente para el diseño de materiales con alto amortiguamiento para aplicaciones estructurales. En efecto, el índice de 25 mérito para el diseño de amortiguamiento estructural es el producto del módulo elástico (o de rigidez) E, por el coeficiente de amortiguamiento $\text{tg}(\phi)$, por lo que se trata de optimizar la relación $\text{tg}(\phi) / E$. Es por ello que se han desarrollado diversos tipos de materiales 30 metálicos de alto amortiguamiento, también conocidos como HIDAMETS (High Damping Metals), ya que los metales tienen un módulo elástico muy superior a los polímeros.

De entre los materiales metálicos, unos de los que presentan mayor coeficiente de amortiguamiento son las 35 Aleaciones con Memoria de Forma (SMA del inglés "Shape

Memory Alloys") [1]. Estas aleaciones experimentan una transformación martensítica termoelástica (reversible) entre su fase alta temperatura, denominada beta, y su fase baja temperatura, denominada martensita, que puede 5 ser inducida mediante enfriamiento o por la aplicación de una tensión mecánica. Las interfas es de martensita son móviles tanto durante la transformación, como en fase martensita, y bajo el efecto de una vibración o tensión mecánica externa son susceptibles de moverse, 10 absorbiendo energía mecánica y dando lugar al fuerte amortiguamiento que presentan las SMA [2]. Es conocido que las SMA de base cobre presentan un coeficiente de amortiguamiento más elevado que las de Ti-Ni que son las SMA que se emplean comercialmente en prácticamente todas 15 las aplicaciones.

No obstante, dado que las SMA masivas no ofrecían todavía un coeficiente de amortiguamiento suficientemente elevado, se ha desarrollado un gran número de Materiales Compuestos de Matriz Polimérica, 20 conteniendo varillas, láminas, hilos, etc., de SMA para diversas aplicaciones. En este campo hay innumerables publicaciones científicas y numerosas patentes.

En paralelo, a lo largo de la última década, se ha ido desarrollando la tecnología de producción de polvos 25 de SMA mediante pulvimetallurgia, especialmente en las aleaciones de base cobre [3,4]. En este campo también hay numerosas publicaciones científicas y patentes, especialmente en Ti-Ni.

El más reciente avance, en el campo de los materiales con fuerte amortiguamiento, ha sido el desarrollo de materiales Compuestos de Matriz Metálica, donde se han considerado varios conceptos o tipos de materiales, que se describen a continuación:

a).- Materiales compuestos formados directamente por 35 varias láminas o piezas de SMA, ya sea de Ti-Ni o de

base cobre. En este caso, además de múltiple publicaciones, cabe destacar la patente US4808246.

b).- Materiales compuestos con una matriz metálica blanda, responsable del amortiguamiento, y partículas rígidas (W, SiC), en porcentaje variable, cuya única finalidad es aumentar el módulo E del material, [6].

c).- Materiales compuestos con una matriz metálica blanda, responsable del amortiguamiento, y partículas cerámicas (VO_2) en pequeña proporción (1%) que aportan un estrecho pico de amortiguamiento (de $0,2^\circ C$ de anchura), debido a una anomalía en la rigidez de las partículas cuando experimentan una transformación de fase [7].

d).- Materiales compuestos formados por partículas de SMA en una matriz metálica rígida (usualmente de aluminio o cobre), con la finalidad de mejorar las propiedades estructurales u otras de la matriz. En ellos se emplea un porcentaje reducido de partículas de SMA, ya que su finalidad es mejorar las propiedades de la matriz. En este campo, además de publicaciones científicas, existen varias patentes [8-11].

e).- Materiales porosos (entre 5% y 40% de poros) formados por partículas de SMA para amortiguamiento. En este caso cabe destacar la patente US-5687958.

El problema técnico que se plantea y que ha conducido a la presente invención es conseguir un material con un elevado coeficiente de amortiguamiento $tg(\phi)$, cuyo máximo pueda ser ajustado a un intervalo particular de temperatura, dependiendo de la aplicación a la que se destine. Además, en la mayoría de las aplicaciones se requiere que el módulo elástico E sea tan alto como posible, a fin de optimizar la relación $tg(\phi) \cdot E$.

A la vista del análisis presentado sobre el estado de la técnica, consideramos que los materiales objeto de la presente invención, constituyen una autentica

novedad, por la combinación de diversos aspectos que se indican a continuación:

5 *) .- En los materiales objeto de la invención, las partículas de polvo de SMA constituyen el elemento mayoritario con un porcentaje entre 45% y 70%, siendo las responsables del fuerte amortiguamiento del material compuesto.

10 *) .- Las partículas de polvo son de SMA de base cobre y presentan la transformación martensítica propia en un intervalo de temperatura ajustable.

*) .- El intervalo de temperatura del máximo de amortiguamiento del material compuesto es muy ancho ($>50^{\circ}\text{C}$) y se puede ajustar mediante el control de la composición de las partículas de polvo de SMA.

15 *) .- La matriz debe ser una matriz metálica de bajo punto de fusión, y que sea dúctil a la temperatura de transformación martensítica de las partículas de SMA.

*) .- La matriz contribuye al fondo de amortiguamiento y genera un efecto amplificador del amortiguamiento de las 20 partículas, nunca descrito hasta ahora.

*) .- Los materiales compuestos así obtenidos pueden presentar una relación $\text{tg}(\phi) \cdot E$, que se puede optimizar en un amplio intervalo de temperatura, mejor que ningún otro material actualmente especificado.

25 Referencias:

[1] Shape Memory Materials. Edit. K. Otsuka, C.M. Wayman. Cambridge University Press, Cambridge (1998).

30 [2] Damping behaviour during martensitic transformation in Shape memory Alloys. J. San Juan, M.L. NÓ. Journal of Alloys and Compounds 355 (2003) pp 65-71.

[3] Martensitic transformation in Cu-Al-Ni Shape Memory Alloys processed by Powder Metallurgy. J. San Juan, R.B.Pérez-Saez, V.Recarte, M.L.NÓ, G.Caruana, M.Lieblich, O.Ruano. Journal de Physique IV (1995) pp

35 C8-919.

- [4] Advanced Shape Memory Alloys processed by Powder Metallurgy. R.B. Pérez-Saez, V. Recarte, M.L. Nó, O. Ruano, J. San Juan. Advanced Engineering Materials 2 (2000) pp 49-53.
- 5 [5] Composite material in rod, tube, strip, sheet or plate shape with reversible thermomechanical properties and process for its production. J. Albrech, T. Duerig. BBC Brown Boveri & Cie, Pat. US4808246 (1989).
- 10 [6] Damping and stiffness of particulate SiC-InSn composite. M.N. Ludwigson, R.S. Lakes, C.C. Swan. Journal of Composite Materials 36 (2002) pp 2245-54.
- [7] Extreme damping composite materials with negative-stiffness inclusions. R.S. Lakes, T. Lee, A. Bersie, Y.C. Wang. Nature 410 (2001) pp 565-567.
- 15 [8] Metallic composite material having improved strength and vibration-damping property. Y. Furuya, T. Masumoto. Pat. JP6264161 (1994).
- 20 [9] Metal matrix composite material enhanced in strength, damping capacity, radiation resistance and corrosion resistance. Y. Furuya, Y. Nishi, T. Masumoto. Pat. JP7048637 (1995).
- [10] Metal matrix composite reinforced with shape memory alloy. D. Barrett. US ARMY, Pat. US5508116 (1996).
- 25 [11] Composite material and its production. J. Ninomiya, T. Suzuki, A. Hideno. FURUKAWA ELECTRIC CO Ltd, Pat. JP10017959 (1998).
- [12] Metallic damping body. R. Renz, J. Kraemer. DAIMLER BENZ AG, Pat. US-5687958 (1997).

30 **Descripción de la invención**

La presente invención se refiere a un material compuesto de matriz metálica caracterizado porque el elemento amortiguante está basado en partículas de polvo de aleación con memoria de forma, de base cobre con una concentración entre el 45% y el 70% en volumen respecto

al volumen total del material, estando soportadas dichas partículas de polvo por una matriz metálica.

Según una realización particular de la invención la base cobre está presente en el material en una 5 concentración entre el 50% y el 60% en volumen respecto al volumen total del material compuesto.

El material de la invención presenta una transformación martensítica termoelástica entre -150°C y +250°C.

10 Según una realización particular del material la base cobre está seleccionada entre Cu-Al-Ni, Cu-Zn-Al y Cu-Al-Mn.

15 Dicha matriz metálica de metales o aleaciones rodea las partículas de polvo y sirve de ligante al material compuesto.

La matriz metálica puede comprender, según realizaciones de la invención:

- metales de punto de fusión inferior a 330°C o
- aleaciones de dichos metales con temperatura de 20 sólidus inferior a 330°C.

Dicho metal, o metales, (o sus aleaciones) de bajo punto de fusión, debe ser dúctil a la temperatura del máximo de amortiguamiento ajustada. Entre los metales de bajo punto de fusión que pueden constituir la matriz 25 metálica se pueden seleccionar entre otros In, Sn, Pb, Cd, Tl, y sus aleaciones.

Según realizaciones adicionales del material de la invención, la matriz metálica puede estar seleccionada entre:

- 30 - uno o más metales de punto de fusión superior a 330°C,
- o
- aleaciones de dichos metales.

Metales preferidos en este caso son Zn o Mg.

Además, según realizaciones particulares del 35 material, las partículas de polvo de aleación podrán

tener una misma y única concentración de base cobre, o podrán incluirse en el material compuesto partículas de diferentes concentraciones de base cobre. Mediante tratamientos térmicos u otros métodos propios de la pulvimetallurgia, como por ejemplo aleado mecánico, se podrán incluir partículas con un gradiente de concentración de base cobre a fin de que la transformación martensítica presente un intervalo de temperaturas más extendido, y obtener así un máximo de amortiguamiento ensanchado en temperatura.

En el caso de que las partículas de polvo no tengan todas la misma concentración de base cobre, el porcentaje de partículas con distinta concentración de base cobre puede ser igual o inferior al 15 % respecto al total de material compuesto.

Se podrá incluir además en el material compuesto, otro tipo de partículas de distinta composición, que pueden ser rígidas, metálicas o cerámicas, cuya única función sea aumentar el módulo del material compuesto.

Dichas partículas de polvo de distinta composición pueden estar presentes en el material en un porcentaje igual o inferior al 15 % de material compuesto. Además, estas partículas pueden estar seleccionadas entre Renio, Wolframio, Molibdeno, Carburo de Silíceo y Carburo de Boro.

La presente invención se refiere además a un procedimiento de obtención de un material compuesto de matriz metálica tal como se ha definido anteriormente que comprende:

- 30 preparar las partículas de polvo de aleación con memoria de forma, e
- infiltrar la matriz metálica.

Las partículas de polvo de la aleación con memoria de forma, se pueden obtener mediante atomización por gas, o por cualquier otro método que permita obtener

partículas de polvo que presenten la transformación martensítica termoelástica propia de las aleaciones con memoria de forma.

Dicho procedimiento puede además comprender una 5 etapa de ajuste del intervalo de temperatura del máximo de amortiguamiento del material compuesto a través de las temperaturas de transformación martensítica directa o inversa de las partículas de polvo, variando la composición de los elementos constituyentes de la 10 aleación con memoria de forma.

Según realizaciones particulares, dicho procedimiento puede comprender la inclusión en el material compuesto, de partículas de diferente concentración de base cobre, las cuales se pueden 15 incluir en el material compuesto mediante tratamiento térmico.

Según realizaciones particulares, dicho procedimiento puede comprender la inclusión en el material compuesto de partículas con un gradiente de 20 concentración en el material compuesto mediante aleado mecánico.

Según realizaciones particulares del procedimiento, cuando la matriz metálica comprende metales de punto de fusión inferior a 330°C, o aleaciones de dichos metales 25 con temperatura de sólidus inferior a 330°C, dicho procedimiento comprende

- preparar partículas de polvo de base cobre,
- introducir dichas partículas en un molde,
- desgasificar bajo vacío, preferentemente a una 30 temperatura entre 120°C y 300°C e
- inyectar el metal fundido de la matriz mediante infiltración bajo vacío.

La infiltración se realiza a una presión que se puede conseguir mediante centrifugación o mediante la 35 aplicación de una presión de gas sobre el fundido.

Según realizaciones particulares del procedimiento, cuando la matriz metálica comprende uno o más metales de punto de fusión superior a 330°C, o aleaciones de dichos metales, habrá que preservar las propiedades de la transformación martensítica de las partículas de polvo de aleación con memoria de forma, por lo que dicho procedimiento puede ser un procedimiento de pulvimetallurgia, que comprende:

- mezclar las partículas de polvo de la aleación de memoria de forma con polvos del metal o aleación de la matriz,
- desgasificar bajo vacío,
- y compactar.

En este caso, la compactación se puede realizar mediante sinterización con tensión uniaxial a temperatura inferior a 300°C, o bien, la compactación se puede realizar también mediante encapsulado previo bajo vacío y posterior compactado isostático a alta presión a temperatura inferior a 300°C.

Eventualmente este método también podrá ser empleado en el caso de matrices metálicas de más bajo punto de fusión, como las mencionadas anteriormente en la realización anteriormente descrita del procedimiento.

En el caso de que la matriz comprenda metales de punto de fusión superior a 330°C el procedimiento, alternativamente, puede ser un procedimiento de infiltración a alta temperatura, que puede comprender:

- preparar partículas de polvo de base cobre,
- introducir dichas partículas en un molde,
- desgasificar bajo vacío,
- calentar por encima de la temperatura del eutectoide de la SMA correspondiente, de modo que las partículas se encuentren en la fase de alta temperatura, denominada beta, propia de estas aleaciones,
- infiltrar la matriz metálica a alta temperatura y

- templar el material compuesto en un medio de enfriamiento rápido. Dicho medio de enfriamiento rápido puede ser agua.

La elección de la matriz metálica servirá para optimizar las propiedades ligantes del material compuesto, así como la relación $\text{tg}(\phi) \cdot E$, y se elegirá en función del tipo de SMA empleado y del rango de temperaturas en que el material compuesto vaya a encontrarse en condiciones de servicio en las diversas aplicaciones.

Desde el punto de vista técnico, las partículas de polvo de aleación con memoria de forma aportan un alto coeficiente de amortiguamiento al material compuesto, debido al movimiento de las interfaces de martensita, especialmente en proximidad de la temperatura de transformación martensítica (directa o inversa). La matriz permite absorber la deformación que las partículas experimentan cuando las interfaces de martensita se mueven, ya sea en fase martensítica, ya sea cuando experimentan la transformación inducida por temperatura o por tensión. De este modo, la matriz absorbe la deformación de las partículas evitando que el material compuesto se degrade. La matriz, además de servir de soporte a las partículas en el material compuesto, contribuye también al fondo continuo de amortiguamiento y genera un efecto amplificador del amortiguamiento de las partículas.

Estos materiales incorporan un nuevo concepto que resuelve el problema de obtener un alto coeficiente de amortiguamiento, ajustable en un intervalo específico de temperatura. El intervalo de temperatura, del máximo de amortiguamiento puede ser ajustado entre -150°C y +250°C, a través de las temperaturas de transformación martensítica (directa o inversa) de las partículas de polvo, que a su vez se controla mediante la composición

de los elementos constituyentes de la aleación con memoria de forma.

Las ventajas del material radican en que actualmente no existe ningún material que permita 5 ajustar de forma continua el pico de máximo de amortiguamiento en el intervalo de temperaturas deseado. Estos materiales presentan un coeficiente de amortiguamiento superior a otros materiales metálicos y optimizan la relación $\text{tg } (\phi) \times E$, que se emplea en el 10 diseño de materiales para amortiguamiento, mejor que otros materiales alternativos.

La adición opcional de partículas rígidas, metálicas o cerámicas, junto con las partículas de SMA, tendrá como finalidad incrementar el módulo elástico del 15 material compuesto.

La presente invención se refiere también al uso del material compuesto definido anteriormente para la absorción de vibraciones. Dichas vibraciones pueden ser acústicas o mecánicas.

20 Las aplicaciones industriales potenciales de la presente invención pueden ser muy numerosas, y en general todas aquellas en que se requiera alto amortiguamiento de vibraciones. A continuación se dan algunos ejemplos de aplicaciones que podrán tener los 25 materiales de la presente invención:

- * En el sector de los electrodomésticos para absorción de vibraciones y disminución del ruido ambiental producido por estos (lavadora, centrifugadora, lavavajillas, etc.).
- 30 * En el sector de Máquina-Herramienta, para amortiguación de las vibraciones de la máquina y poder así mejorar la precisión de mecanizado y aumentar la velocidad de mecanización. Además también contribuirá a disminuir el ruido ambiental (contaminación acústica) 35 del entorno de trabajo.

* En la industria de material opto-electrónico, como material para "empacado electrónico", a fin de absorber las vibraciones y proteger los circuitos y dispositivos.

5 * En el sector del transporte, para absorber las vibraciones e incrementar el confort del usuario, contribuyendo a un entorno "limpio de ruidos". Además en el caso del sector Aeronáutico, puede contribuir a una mejora de la vida a fatiga de ciertos elementos estructurales, al disminuir la amplitud de las 10 vibraciones a que se encuentren sometidos.

* En la industria de la construcción, para la fabricación de dispositivos "anti-seismos", basados en alta absorción de energía mecánica.

La solución que aporta la presente invención al problema planteado es por lo tanto un nuevo concepto de material compuesto basado en partículas de polvo de aleación con memoria de forma (SMA) de base cobre, como elemento principal amortiguante con un porcentaje $\geq 40\%$, embebidas en una matriz metálica dúctil, de bajo 20 punto de fusión.

El concepto en sí mismo es innovador, ya que en los materiales compuestos tradicionales, es la matriz la que actúa como elemento amortiguante y las partículas o fibras se añaden para aumentar el módulo.

25 El uso de polvos de SMA de base cobre responde al hecho de que dichas aleaciones presentan un coeficiente de amortiguamiento superior a las SMA de base Titanio-Niquel. Además, a través del control de la composición de estas partículas de polvo, se puede ajustar la 30 temperatura del máximo de amortiguamiento. La matriz metálica de bajo punto de fusión, además de dar soporte a las partículas, genera un efecto amplificador del amortiguamiento, nunca descrito hasta ahora.

35 **Ejemplos de realización de la invención**

Un ejemplo de realización de los materiales compuestos descritos es el siguiente:

Se han empleado polvos de aleación de Cu-Al-Ni con una concentración en peso: 13,1% Al, 3,1% Ni, 83,8% Cu.

5 Los polvos se produjeron mediante atomización por gas. Y se han empleado los polvos tamizados con tamaños comprendidos entre 25 y 50 micras.

Las temperaturas de transformación martensítica de los polvos atomizados, medidas mediante calorimetría 10 diferencial de barrido (DSC), son: Ms=65°C, Mf=27°C, As=51°C, Af=95°C.

Como metal de la matriz se empleó, en este caso, Indio de pureza 99,99%.

Los polvos introducidos en un molde de teflón se 15 desgasificaron a 130°C durante 6 horas bajo un vacío de 0,01 mbaras.

La infiltración se realizó a 190°C, mediante la aplicación de una presión, sobre el fundido, de helio gas a 3 bares.

20 El material compuesto contenía 60% en volumen de partículas de Cu-Al-Ni y 40% de indio.

El coeficiente de amortiguamiento $\text{tg}(\phi)$ se ha medido en torsión con un equipo de espectroscopía mecánica que permite trabajar a diferentes frecuencias y 25 en función de la temperatura, ya que como es bien sabido el coeficiente de amortiguamiento de un material depende de estos dos parámetros.

El material compuesto presenta dos máximos de amortiguamiento a 65°C y a 100°C correspondientes a la 30 transformación martensítica directa e inversa respectivamente. A continuación se indican los valores del coeficiente de amortiguamiento para diferentes frecuencias:

- a la frecuencia de 3 Hz, $\text{tg}(\phi) > 0,01$ entre -100°C 35 y +125°C, con un maximo de $\text{tg}(\phi) >= 0,05$,

- a la frecuencia de 1 Hz, $\operatorname{tg}(\phi) > 0,01$ entre -100°C y $+125^{\circ}\text{C}$, con un maximo de $\operatorname{tg}(\phi) \geq 0,1$,
- a la frecuencia de 0,1 Hz, $\operatorname{tg}(\phi) > 0,035$ entre -100°C y $+125^{\circ}\text{C}$, con un maximo de $\operatorname{tg}(\phi) \geq 0,3$,
- 5 - a la frecuencia de 0,03 Hz, $\operatorname{tg}(\phi) > 0,05$ entre -100°C y $+125^{\circ}\text{C}$, con un maximo de $\operatorname{tg}(\phi) \geq 0,4$,
- a la frecuencia de 0,01 Hz, $\operatorname{tg}(\phi) > 0,09$ entre -100°C y $+125^{\circ}\text{C}$, con un maximo de $\operatorname{tg}(\phi) \geq 0,6$.

f

Reivindicaciones

1. Un material compuesto de matriz metálica caracterizado porque el elemento amortiguante está basado en partículas de polvo de aleación con memoria de forma, de base cobre con una concentración entre el 45% y el 70% en volumen respecto al volumen total del material, estando soportadas dichas partículas de polvo por una matriz metálica.

10

2. Un material compuesto de matriz metálica, según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende una base cobre con una concentración entre el 50% y el 60% en volumen respecto al volumen total del compuesto.

15

3. Un material compuesto de matriz metálica, según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque presenta una transformación martensítica termoelástica entre -150°C y +250°C.

20

4. Un material compuesto de matriz metálica, según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la base cobre está seleccionada entre Cu-Al-Ni, Cu-Zn-Al y Cu-Al-Mn.

25

5. Un material compuesto de matriz metálica según la reivindicación 1, caracterizado porque la matriz metálica comprende:

- metales de punto de fusión inferior a 330°C o

30 - aleaciones de dichos metales con temperatura de sólidus inferior a 330°C.

6. Un material compuesto de matriz metálica, según la reivindicación 5, caracterizado porque la matriz

metálica comprende metales seleccionados entre In, Sn, Pb, Cd, Tl, y sus aleaciones.

7. Un material compuesto de matriz metálica, según una
5 de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la
matriz metálica está seleccionada entre:

- uno o más metales de punto de fusión superior a 330°C,
- o
- aleaciones de dichos metales.

10

8. Un material compuesto de matriz metálica, según la
reivindicación 7, caracterizado porque dichos metales
son Zn o Mg.

15

9. Un material compuesto de matriz metálica, según la
reivindicación 1, caracterizado porque las partículas de
polvo de aleación con memoria de forma poseen todas la
misma concentración de base cobre.

20

10. Un material compuesto de matriz metálica, según la
reivindicación 1, caracterizado porque comprende un
porcentaje de partículas de polvo de distinta
concentración de base cobre.

25

11. Un material compuesto de matriz metálica, según la
reivindicación 1, caracterizado porque comprende un
porcentaje de partículas de polvo de distinta
composición.

30

12. Un material compuesto de matriz metálica, según la
reivindicación 11, caracterizado porque dicho porcentaje
de partículas de polvo de distinta naturaleza es
inferior o igual al 15% respecto al volumen total de
material compuesto.

35

13. Un material compuesto de matriz metálica, según una de las reivindicaciones 11 o 12, caracterizado porque las partículas de polvo de distinta composición están 5 seleccionadas entre partículas rígidas, metálicas o cerámicas.

14. Un material compuesto de matriz metálica, según la reivindicación 13, caracterizado porque dichas 10 partículas de polvo de distinta composición están seleccionadas entre: renio, wolframio, molibdeno, carburo de silicio y carburo de boro.

15. Un material compuesto de matriz metálica, según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende:
- un 60 % de partículas de polvo de aleación de Cu-Al-Ni respecto al peso de material, con una concentración en peso: 13,1% Al, 3,1% Ni, 83,8% Cu,
- un 40 % en peso de una matriz de indio.
20

16. Un procedimiento de obtención de un material compuesto definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque comprende:
- preparar las partículas de polvo de aleación con memoria de forma, e
- infiltrar la matriz metálica.
25

17. Un procedimiento de obtención de un material compuesto según la reivindicación 16, caracterizado 30 porque comprende ajustar el intervalo de temperatura del máximo de amortiguamiento del material compuesto a través de las temperaturas de transformación martensítica directa o inversa de las partículas de polvo, variando la composición de los elementos 35 constituyentes de la aleación con memoria de forma.

18. Un procedimiento de obtención de un material compuesto según la reivindicación 16, caracterizado porque comprende incluir en el material compuesto 5 partículas de diferente concentración de base cobre.
19. Un procedimiento de obtención de un material compuesto según la reivindicación 18, caracterizado porque las partículas de diferente concentración de base 10 cobre se incluyen en el material compuesto mediante tratamiento térmico.
20. Un procedimiento de obtención de un material compuesto según la reivindicación 18, caracterizado 15 porque comprende incluir partículas con un gradiente de concentración de base cobre en el material compuesto mediante aleado mecánico.
21. Un procedimiento según la reivindicación 16, de 20 obtención de un material compuesto definido en una de las reivindicaciones 5 ó 6, caracterizado porque comprende
- preparar partículas de polvo de base cobre,
 - introducir dichas partículas en un molde,
 - 25 - desgasificar bajo vacío a una temperatura entre 120°C y 300°C e
 - inyectar el metal fundido de la matriz mediante infiltración bajo vacío.
- 30 22. Un procedimiento según la reivindicación 21, caracterizado porque la infiltración se realiza a una presión que se consigue mediante centrifugación o mediante la aplicación de una presión de gas sobre el fundido.

23. Un procedimiento según la reivindicación 16, de obtención de un material compuesto definido en una de las reivindicaciones 7 ú 8, caracterizado porque comprende

- 5 - mezclar las partículas de polvo de la aleación de memoria de forma con polvos del metal o aleación de la matriz,
- desgasificar bajo vacío,
- y compactar.

10

24. Un procedimiento según la reivindicación 23, caracterizado porque la compactación se realiza mediante sinterización con tensión uniaxial a temperatura inferior a 300°C.

15

25. Un procedimiento según la reivindicación 23, caracterizado porque la compactación se realiza mediante encapsulado previo bajo vacío y posterior compactado isostático a alta presión a temperatura inferior a 20 300°C.

26. Un procedimiento según la reivindicación 23, caracterizado porque comprende:

- 25 - preparar partículas de polvo de base cobre,
- introducir dichas partículas en un molde,
- desgasificar bajo vacío,
- calentar por encima de la temperatura del eutectoide de la SMA correspondiente, de modo que las partículas se encuentren en la fase de alta temperatura, denominada 30 beta, propia de estas aleaciones,
- infiltrar a alta temperatura y
- templar el material compuesto en un medio de enfriamiento rápido.

27. Uso del material compuesto definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, para la absorción de vibraciones.
- 5 28. Uso según la reivindicación 27 caracterizado porque las vibraciones están seleccionadas entre vibraciones acústicas y mecánicas.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ ES 2006/000493

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

see extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C, B22F, B22D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CIBEPAT, EPODOC, WPI, HCAPLUS

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6346132 B1 (HUBER et al.) 12.02.2002, column 2, lines 34-59; column 3, lines 1-14, lines 56-64; column 4, lines 30-34; column 4, line 66 - column 5, line 22; column 5, lines 57-59; column 6, lines 10-13; column 6, lines 45-50; claim 29.	1-28
A	JP 10017959 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 20.01.1998, (abstract) Retrieved from the: EPOQUE.	1-28
A	A.KOZLOV et al. Application of the high power ultrasonics for production of composite materials. Metallofizika i Noveishe Tekhnologii (2001) Vol.23, pages 228-231.	1-28

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.		
"E" earlier document but published on or after the international filing date		
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&"	document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24.January.2007 (24.01.2007)

Date of mailing of the international search report

(05-02-2007)

Name and mailing address of the ISA/
O.E.P.M.Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.
Facsimile No. +34 91 3495304

Authorized officer

J. A. Peces Aguado

Telephone No. +34 913496870

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/ ES 2006/000493

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6346132 B	12.02.2002	CA 2247654 A FR 2768436 A GB 2329395 A DE 19741019 A JP 11158570 A IT 1303678 B	18.03.1999 19.03.1999 24.03.1999 15.04.1999 15.06.1999 23.02.2001
JP10017959A A	20.01.1998	NONE	-----

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ ES 2006/000493

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 9/00 (2006.01)

C22C 1/02 (2006.01)

C22C 1/04 (2006.01)

B22F 7/00 (2006.01)

B22D 19/14 (2006.01)

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ ES 2006/000493

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

Ver hoja adicional

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C22C, B22F, B22D

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

CIBEPAT, EPODOC, WPI, HCAPLUS

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	US 6346132 B1 (HUBER et al.) 12.02.2002, columna 2, líneas 34-59; columna 3, líneas 1-14, líneas 56-64; columna 4, líneas 30-34; columna 4, línea 66 - columna 5, línea 22; columna 5, líneas 57-59; columna 6, líneas 10-13; columna 6, líneas 45-50; reivindicación 29.	1-28
A	JP 10017959 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 20.01.1998, (resumen) Recuperado de: EPOQUE.	1-28
A	A.KOZLOV et al. Application of the high power ultrasonics for production of composite materials. Metallofizika i Noveishe Tekhnologii (2001) Vol.23, páginas 228-231.	1-28

En la continuación del Recuadro C se relacionan otros documentos

Los documentos de familias de patentes se indican en el Anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T"	documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.		
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.		
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"X"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	"Y"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	"&"	documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.

24.Enero.2007 (24.01.2007)

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

05 febrero 2007 (05-02-2007)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional O.E.P.M.

Funcionario autorizado

J. A. Peces Aguado

Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.

Nº de fax 34 91 3495304

Nº de teléfono +34 913496870

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ ES 2006/000493

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de publicación
US 6346132 B	12.02.2002	CA 2247654 A FR 2768436 A GB 2329395 A DE 19741019 A JP 11158570 A IT 1303678 B	18.03.1999 19.03.1999 24.03.1999 15.04.1999 15.06.1999 23.02.2001
JP10017959A A	20.01.1998	NINGUNO	-----

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ ES 2006/000493

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

C22C 9/00 (2006.01)

C22C 1/02 (2006.01)

C22C 1/04 (2006.01)

B22F 7/00 (2006.01)

B22D 19/14 (2006.01)